

창의적 사고 계발을 위한 고등학교 학습 프로그램 개발: 태양계 축소 모형을 중심으로

김은주 · 이효녕 · 윤일희 · 강천덕*

경북대학교 과학교육학부 지구과학교육전공, 702-701, 대구광역시 북구 산격동 1370

The Development of High School Instructional Program for Increasing Creative Thinking Abilities: Focused on Building a Scale Model of the Solar System

Eunju Kim, Hyonyong Lee, Ill-Hee Yoon, and Chunduk Kang*

Major of Earth Science Education, School of Science Education, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract: The purpose of this study was to develop instructional programs for 10th graders to facilitate their creative thinking abilities and understanding concerning the scale of the Solar System. The programs were based on four major themes and composed of eight lessons which dealt with the relative scale of the Solar System. The programs were applied to 155 students at G high school in Gumi City. The results showed that the programs were helpful to students in that they facilitated easier understanding of the relative sizes of planets within the solar system as well as creative thinking abilities including divergent thinking and convergent thinking.

Keywords: creative thinking abilities, divergent thinking, convergence thinking, scale model of the Solar System, Planetary sizes and distances

요약: 이 연구의 목적은 고등학생들의 태양계 상대적인 크기를 쉽게 이해하고 창의적인 사고 능력을 키우기 위한 교육 프로그램 개발이다. 프로그램은 태양계의 상대적 크기 영역에서 4개 주제와 8차시 분량으로 개발되었다. 개발된 프로그램은 구미시에 소재한 G 고등학교 10학년 155명에게 투입하였다. 연구 결과를 살펴보면, 개발된 프로그램 학습을 통해 학생들이 태양계 행성들의 상대적인 크기를 쉽게 이해할 수 있었고, 발산적 사고로부터 수렴적 사고로 이어지는 창의적 사고력을 향상 시켰다. 개발된 프로그램의 주제별 활동을 통하여 학생들에게 창의적 사고 능력의 배양과 태양계 내의 행성간 거리와 크기에 대해 쉽게 학습시킬 수 있을 것으로 기대된다.

주요어: 창의적 사고, 발산적 사고, 수렴적 사고, 태양계 축소모형, 행성의 크기와 거리

서론

지금까지 개발된 창의성 기법은 전 세계적으로 약 300가지 이상으로 알려져 있다. 다양한 문제를 새롭게 해결하기 위해 특정한 한 가지 기법만이 도움을 주는 것이 아니므로, 문제와 상황에 따라 적절한 기법을 선택하여 사용하는 것이 좋다(전경원, 2000). 김

영채(2004)는 창의적 사고에서 사용할 수 있는 기법으로 아이디어 생성을 위한 기법(발산적 사고 기법), 아이디어를 사정·개발·선택하기 위한 기법(수렴적 사고 기법) 및 아이디어를 실천하고 행위화 하기 위한 기법(행위 계획을 위한 기법)을 제안하였다. Guilford(1967)은 사고를 발산적 사고와 수렴적 사고로 분류하였다. 발산적 사고란 하나의 주제에서 많은 해결책을 이끌어내는 사고이고, 반면에 수렴적 사고는 최종적으로 해결책을 정리해 내는 사고력을 일컫는다(전경원, 2000). 김영채(2004)에 의하면 브레인스토밍, 유추법, 형태학적 분석법, 스캐퍼, 육색 사고 모자 기

*Corresponding author: siyadana@hanmail.net

Tel: 82-53-950-5916

Fax: 82-53-950-5946

법, 연상법, 마인드 맵 등 다양한 발산적 사고기법이 개발되어 적용되고 있지만, 이러한 기법들은 문제해결과정에서 창의적인 아이디어들을 생성해 내는 것에 초점이 맞추어져 있고 생성해낸 아이디어들 중에서 최선의 해결책을 찾기 위한 방법으로는 부족하다.

효과적인 창의성 계발 교육이 되기 위해서는 일반 학생들에게도 쉽게 적용할 수 있고, 문제해결과정에서 가장 필요한 사고능력을 발산적, 수렴적 사고기법이 적절하게 적용되고, 이 두 사고 기법의 전환이 잘 조화된 프로그램의 개발이 중요하다.

창의적 사고를 계발하거나 증진시키기 위해서는 이론적 근거를 바탕으로 현장에서 쉽게 적용할 수 있는 교수-학습 모형이나 교육프로그램의 개발이 필요하다(정현철 외, 2002). 하지만, 학교 현장에서 학생들의 창의성을 향상시키기 위한 수업자로나 학생들이 상대적으로 어려워하는 과학 개념들을 쉽게 가르칠 수 있는 수업자료의 개발은 아직까지 미흡한 편이며, 대부분의 교사들은 교과서에 많이 의존하고 있는 실정이다.

다른 과학영역과 비교해서 지구과학의 천문과 관련된 내용은 학생들이 경험할 수 있는 시공간적인 규모와 범위보다 훨씬 크다(Mayer 외, 2007). 특히, 천문학에서 사용하는 단위(예, 광년, 파섹 등)는 학생들이 일상생활에서 경험하는 것 보다 훨씬 큰 단위를 사용하고 있다. 예를 들어, 일반학생들에게 14조km-태양과 토성간의 거리 - 가 얼마나 잘 이해할 수 있고, 어떤 의미가 있겠는가? 때로는 행성계를 작은 크기의 모형으로 시각화 하는 것이 큰 규모와 단위를 이해하는데 도움이 될 수 있다(윤홍식 외, 1998). 태양계 가족들의 크기나 거리는 학생들의 경험을 뛰어넘는 천문학적인 단위이므로 기존의 교과서에서 서술식으로 다룬 내용들은, 상대적인 크기와 거리에 대한 것을 우리의 경험 속에서 거의 느낄 수 없기 때문에, 학생들은 상대적인 크기나 거리 감각을 느끼지 못한다. 단순 암기에 머물고 있다고 판단된다.

앞에서 기술했던 필요성에 의해 일상생활에서 체험하기 힘든 천문학적 거리나 크기의 내용을 포함하는 주제를 가지고, 창의적인 사고 기법을 적용한 프로그램을 개발하는 것이 이 연구의 주요 목적이다. 이 연구에서는 발산적 사고 기법 중에서 유추법과 브레인 라이팅 기법을 ‘태양계의 크기와 거리’라는 교과 내용에 연계하여 일반계 고등학교 1학년 학생들에게 적합한 태양계 축소 모형 수업프로그램을 개발하고 학교 현장에 적용하였다.

태양계 행성의 크기와 거리

태양계는 8개의 행성, 34개의 위성, 수많은 소행성, 혜성, 그리고 유성으로 구성되어 있으며, 태양은 수성, 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성의 8개의 행성으로 구성된 태양계의 중심에 놓여 있다. 그런데, 이들 행성의 질량을 모두 합한다 하더라도 태양질량의 0.0014배 정도밖에 안 되며, 모두 태양의 빛을 반사하고 있다. 다른 7개의 행성의 질량을 다 합해도 목성 질량의 40% 정도 밖에 되지 않는다(유경노 외, 1988; 윤홍식 외, 1998).

태양계란 본질적으로 차갑고 넓은 공간 한가운데 있는 태양이 그 대부분을 차지하고, 그 둘레에 태양에 비하면 작은 돌맹이에 불과한 행성들이 몰려 있는 것임을 알 수 있다(유경노 외, 1988). 10억(10^8)이란 단위로, 즉 실제 태양계를 10억으로 나누어 나타낸 태양계의 작은 모형을 고려해 보면, 지구는 포도 정도의 크기인 1.3 cm가 될 것이다. 달은 그 포도에서 약 40 cm, 즉 한발치 정도 떨어져서 포도를 들고 있다. 지구-달 시스템은 수행원 관계에 해당한다. 이 모형에서 태양의 직경은 성인의 평균 키인 약 1.5 m이고, 지구로부터 150 m 정도 - 한 구획 - 떨어져 있다면, 목성은 태양으로부터 5구획 떨어져 있으며, 그 직경은 아주 큰 자몽의 크기인 15 cm 정도가 된다. 토성은 태양으로부터 10구획 떨어져 있으며, 천왕성은 20구획, 해왕성은 30구획 정도 떨어져 있다. 대부분의 외행성의 위성들은 외행성들을 나타내는 자몽(목성), 오렌지(토성) 및 레몬(천왕성과 해왕성) 주위를 도는 각각의 과일들의 씨만 한 크기를 하고 있다. 이렇게 축소한 모형에서, 인간은 원자 하나의 크기로 작아졌고, 자동차와 우주선은 분자 크기로 작아지게 되었다(윤홍식 외, 1998).

연구 방법

프로그램 제작 과정

이 연구는 2005년 9월 1일~2006년 2월 28까지 6개월간에 걸쳐 자료를 개발하였다. 개발된 프로그램은 전문가의 피드백을 통하여 수정·보완되었다. 내용 영역은 지구과학 전공 교사 2인과 지구과학 전공 장학사 3인으로부터 8차례에 걸쳐 검토를 받았다. 검토 위원들은 모두 교육경력 16년 이상이고, 석사학위 이상의 학위를 소지하고 있으며, 경상북도 교육청에서 주관한 창의성 과학교육 국외연수로 ‘미국 조지아대

학 토렌스 영재교육 및 창의성 개발 센터'에서 62시간의 창의성 교육연수를 받은 교사 및 장학생들로 구성되었다.

창의성 관련 영역은 전문가 9인으로부터 8차례의 검토를 받으면서 수정 보완하였는데, 이들은 창의성 과학교육 국외연수를 1년 이상 받았거나, 토렌스 영재교육 및 창의성 개발 센터에서 62시간 이상 연수를 받은 석사 학위 이상의 학위를 소지하고 있는 교육경력 10년 이상의 교사와 장학생으로 구성되어 있다.

프로그램의 구성 및 특징

교사들이 프로그램을 수행할 때 필요한 정보를 구체적으로 제시하였고, 수업 과정에서 발생할 수 있는 시행착오를 줄이기 위해 '지도상의 유의점'과 '학생 결과물의 예시'를 제시하여 교사들이 쉽게 프로그램을 활용할 수 있도록 하였다. 기본 개념 안내는 교사가 전체학생들에게 제시하지만, 탐구 활동은 학생 활동 중심으로 이루어지도록 하여, 탐구 과정에서 난이도가 쉬운 문항들을 앞에 제시하고 난이도가 어려운 문항들을 뒤에 차례대로 제시하여 교사가 학생 능력에 따라 탐구 활동의 문항들을 선택 하여 제시할 수 있도록 구성하였다.

프로그램 1에서부터 프로그램 4까지는 서로 연관된 단계별 탐구 활동으로 구성되어 있고, 프로그램의 주제별로 창의성의 요소를 상대적으로 평가할 수 있도록 하여 교사가 학생의 창의성의 정도를 진단할 수 있도록 하였다. 프로그램 1의 탐구 활동 후 창의성 요소 평가를 실시하여 목표 수준에 도달하지 못한 학생들은 교사가 개인별로 지도한 후, 그 다음 프로그램 2로 차례차례 넘어가도록 하여 교사가 개별 학생에게 적절한 피드백을 제공해 줄 수 있도록 하였다. 창의성의 요소 평가 후 과제해결 능력이 뛰어난 상위 학생들에게만 '창의성의 심화 질문'을 제시하여 학생들의 수준별 수업, 또는 한 교실 내에서 학생의 수준에 따른 차별화 수업이 가능하도록 하였다.

창의성 기법

이 연구에 적용한 창의성 기법은 유추법과 브레인라이팅 기법이다.

유추법(Synetics): 유추법은 고든(W. Gordon)에 의해서 개발되었으며, 창의적인 사고기술로서 문제를 분석하고 여러 가지 관점을 형성하는 것을 돕기 위

해 유추와 비유를 활용하는 기법으로 일명 '고든법'이라고 불린다(전경원, 2000). 유추 방법은 상상력을 동원해서 특이하고 실질적인 문제 전략을 이끌어내는 데 유용하며, 학생들은 이 방법을 통해 문제를 해결하는 데 필요한 중요 전략을 배울 수 있을 것이다.

유추법에는 환상 유추, 직접 유추, 개인 유추의 3가지 방법이 있으며, 이 연구에서는 직접 유추방법(direct analogy)을 적용하였다. 직접 유추방법은 실제 생활 내에서 유사한 문제를 찾아보도록 하는 것이다. 우리 주위에 있는 사상과 사물을 과제와 연결시키는 발상으로 서로 다른 두 개념을 객관적으로 비교하여 비슷한 것을 찾아 개선하는 방법이다. 여기서 학생들이 생산하는 모든 아이디어는 우선 받아들여지고 후에 그 아이디어를 검사한 후 실행 가능한 방법으로 발전시켜야 한다.

참가자가 직접 유추 과정을 원활하게 진행할 수 있도록, 교사는 관련 자료를 충분히 제시해 주고, 교사 자신은 사전에 충분히 관련 내용을 탐색해 보는 것이 중요하다(전경원, 2000).

브레인라이팅(Brainwriting): 독일의 홀리거(Holiger)에 의해 창안된 집단 발상 기법으로 팀원들은 서로 침묵을 지키면서 생각나는 아이디어를 자유분방하게 브레인라이팅 종이에 기입한다. 브레인스토밍은 자유롭게 발언하는 것이 토대가 되어 있었지만 실제로 그렇게 하기는 어려울 때가 많다. 다른 사람을 어렵게 생각한다는가, 조심한다는가, 배려한다는 생각이 자유분방한 발언을 막아 버린다. 그래서 독일인 홀리거는 발언하는 대신 종이에 기록해 두는 방법을 창안해 냈다. 사람들 앞에서 발언하기가 거북스럽고 꺼려지게 되는 경우도, 종이에 쓰는 것이라면 자유롭게 그리고 분방하게 행할 수 있다(박지원 외, 2003).

브레인스토밍의 4가지 원칙인 비판 엄금, 자유분방, 질보다 양, 결합 개선의 원칙을 그대로 준수하여야 하며, 아이디어 발상이 끝나면 토의를 통해 가장 좋은 아이디어를 고른다.

프로그램의 적용

개발한 프로그램은 경상북도 구미시에 소재한 G고등학교 1학년 자연계열 155명 학생·4학급(남여 혼성)에 투입한 후 최종적으로 수정보완하여 프로그램의 문제점을 개선하였다. 투입 후 태양계의 크기와 거리를 축소시켜 학생들이 표현한 다양한 발산적 아이디어

어들 중에서, 일반적으로 가장 많은 학생들이 표현한 과학적 모델을 예시로 학생수업결과물을 정리하여 나타내었다.

연구 결과 및 논의

프로그램의 내용과 창의성 요소

이 연구에서 개발된 프로그램은 창의성의 유추법과 브레인라이팅 기법을 태양계의 크기와 거리에 적용하여 4가지의 주제, 총 8차시로 개발 되었다.

각 프로그램의 내용과 특징에 따라 창의성의 요소들을 다르게 적용하였는데, 창의성의 요소 중 유창성(Fluency)은 많은 질문과 생각, 해결책 혹은 대안을 생각할 수 있는 사고 기능이다. 사고의 속도개념으로 어떤 자극 또는 물건에 관한 아이디어를 제한된 시간 내에 많이 생성해 내는 양적인 창의성의 요소이다(김양희, 2003). 융통성(Flexibility)은 어떤 문제가 제시될 때 그 상황에 접근하는 사고의 폭을 의미한다. 고정적이고 경직된 사고방식에서 벗어나 폭넓고 다양하게 접근함으로써 여러 종류의 문제해결 방법을 생각해 내는 사고 능력이다(김양희, 2003). 정교성(Elaborateness)은 다듬어지지 않은 기존의 아이디어를 보다 치밀한 것으로 발전시키는 능력을 말한다. 즉 사고가 피상적인 수준에 머물지 않고 보다 세부적으로 나아갈 수 있는 구체적인 수준으로 아이디어를 보다 재미있고 완전한 것으로 확대시켜 가는 과정을 말한다(김양희, 2003). 독창성(Originality)은 사고의 새로운 개념으로 다른 사람이 생각하지 않는 독특한 방식으로 생각하는 능력을 의미한다. 즉 주어진 문제 상황에서 기존의 해결 방안이나 생각 그대로 사용하는 것이 아니라, 기존의 방안이나 생각을

바탕으로 하여 자기 나름대로 색다르고 참신한 문제 해결 방법을 생각해 내는 능력을 뜻한다. 이 독창성은 창의성의 요소 중에서도 핵심이며 꽃이라고 볼 수 있다(김양희, 2003).

프로그램의 주제에 따른 탐구 활동 내용과 창의성 요소는 Table 1과 같다. Table 1의 프로그램 1에서는 태양을 농구공만한 크기로 축소하였을 때, 태양계 가족들을 사물에 비유하여 많이 표현할수록 유창성이 높으며, 태양계 가족들을 사물에 비유하여 적절한 등근 모양으로 표현 할수록 융통성이 높으며, 축소된 크기에 알맞은 사물로 표현할수록 정교성이 높으며, 사물에 비유하여 나타낸 표현이 독특할수록 독창성이 높다고 할 수 있다. 프로그램 2에서는 태양으로부터 행성들의 거리를 농구공 척도로 나타내었을 때, 태양계 가족들의 축소된 거리를 정확하게 계산하여 나타낼수록 정교성이 높다고 할 수 있다. 프로그램 3에서는 고무찰흙을 이용하여 태양계의 축소 모형을 제작할 때 태양계 가족들의 특징에 맞게 모양과 색깔을 적절하게 표현할수록 융통성이 높으며, 태양계 가족들의 상대적인 크기와 거리가 정확할수록 정교성이 높으며, 태양계 가족들의 특징을 고무찰흙을 이용하여 독특하게 표현할수록 독창성이 높다고 할 수 있다. 프로그램 4에서는 목성 안에 다른 행성들을 담을 수 있을까? 라는 탐구 활동에서 목성 안에 나머지 행성들을 담을 수 있다고 허용할수록 개방성이 높으며, 목성 안에 나머지 행성들을 담는 방법이 독특할수록 독창성이 높다고 할 수 있다.

교사들이 정규 수업이나 교육과정과 관련하여 프로그램을 활용하는데 참고할 수 있도록 수업 활동들과 연관된 제 7차 교육과정과의 관련 학년과 단원을 분석하여 Table 2에 제시하였다.

Table 1. Major themes, contents, and factors of creativity in the program

Program	Themes	Contents	Factors of Creativity
1	Comparison of planetary sizes in the Solar System (3 Lessons)	Free expression based upon a flexible comparison of the relative sizes of planets in the Solar System; Scaling down solar system models to the size of a basketball.	Fluency, Flexibility, Elaboration, Originality (Application Synetics and Brainwriting)
2	Comparison of planetary distances within Solar System (2 Lessons)	Scale down planetary distances to the size of a basketball; Elaborate upon the reduced distances among the planets	Elaboration
3	Making a scale model of the Solar System (2 Lessons)	Make an original scale model of the Solar System out of rubber clay.	Flexibility, Elaboration, Originality
4	Is it possible to put other planets inside Jupiter? (1 Lesson)	Compare the relative sizes of the planets by placing the smaller planets inside the bigger ones.	Openness, Originality

Table 2. The units and topics related to the 7th National Science Curriculum

Grade	Units	Topics
8th grade	The Earth and Stars	The Solar System
9th grade	Motion within the Solar System	Planetary motion
10th grade	The Solar System	Comparison of planetary sizes and distances within the Solar System

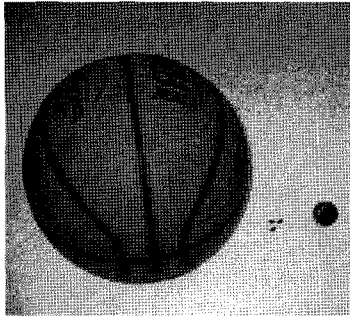


Fig. 1. The materials of Program 1: Basketball, apple seeds, and a grape.

개발된 프로그램

프로그램 1. 태양계의 크기 비교

탐구 목표: 태양계 가족들의 상대적인 크기를 사물에 비유하여 융통성 있게 표현 할 수 있다.

창의성 신장 요소: 유창성, 융통성, 정교성, 독창성

창의성 신장 학습 기법: 유추법, 브레인라이팅

준비물: 농구공, 사과씨, 포도알(Fig. 1), 척도에 맞게 그린 태양계 사진, 연필, 자(30 cm), 형광펜

기본 개념 안내

태양의 직경은 약 150만 km이다. 태양을 농구공의 크기로 축소시킨다면, 지구는 농구공에서 30 m 가량 떨어진 곳에 사과씨 정도의 크기로 위치하게 된다.

태양계에서 가장 큰 행성인 목성은 직경이 약 143,000 km나 되며, 이는 지구 크기의 11배에 해당된다. 태양으로부터의 거리는 지구까지 거리의 5배, 즉 5AU(천문단위)이다. 태양을 농구공의 크기로 축소한 척도에서 목성은 포도알 만해지며, 농구공으로부터 약 150 m 떨어진 곳에 위치하게 된다.

Fig. 2는 척도에 맞게 그린 태양과 행성들을 비교하여 나타낸 것이다.

농구공 유추법을 계속 사용한다면, 태양에서 가장 가까운 별, 센타우르스자리에 있는 프록시마 별(4.3광년 떨어져 있음)은 농구공으로부터 거의 7000 km인 곳에 위치하게 된다(윤홍식 외, 1998)

과제 제시

태양을 농구공만한 크기로 축소하여 Fig. 1에서 제시한 농구공에 비유했을 때, 태양계 가족들의 상대적인 크기를 무엇에 비유했 수 있을까? 유추법과 브레인라이팅 기법을 적용하여 생각나는 대로 자유롭게 모두 적어 보자. 농구공의 크기는 약 30cm 정도이다.

탐구 과정

1. 태양을 농구공에 비유했을 때, 유추법과 브레인라이팅 기법을 적용하여 행성들의 크기를 무엇으로 표현하면 가장 적당할까? Table 3의 빈 칸에 자유롭게 적어 보자.

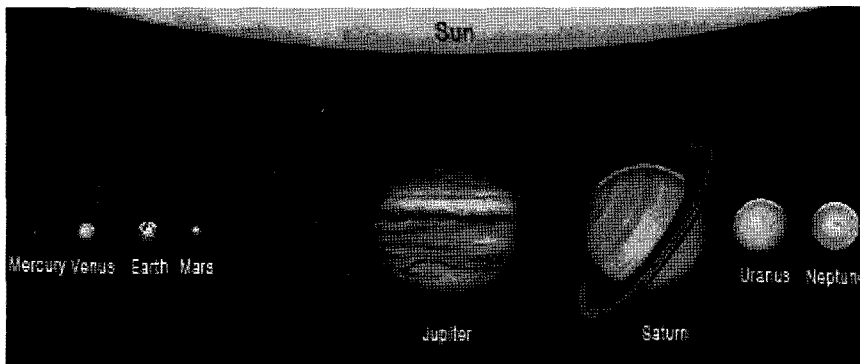


Fig. 2. Explanation of a scale model of planetary sizes within the Solar System (Yoon, et al., 1998).

Table 3. Comparison of planetary sizes in the Solar System

	Sun	Mercury	Venus	Earth	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
Actual Diameter (km)	1500,000	4,878	12,104	12,756	6,794	143,000	120,540	51,200	49,500
Equatorial radius (Earth=1)	117	0.38	0.95	1.00	0.53	11.2	9.41	4.01	3.88
Comparison	basketball		apple seeds		a grape				
Comparison									
Comparison									



Fig. 3. Explanation of a scale model of the size and distance between the Earth and Moon (Yoon, et al., 1998).

2. Table 3에 나타난 것들 중에서 크기가 가장 적당하다고 생각되는 것을 한 가지씩 골라 형광펜(음영)으로 표시하여 보자.

3. Fig. 3은 지구와 달을 크기 척도에 맞추어 나타낸 것이다. 지구가 사과씨 만들 때, 달은 무엇으로 표현할 수 있는가? 유추법과 브레인라이팅 기법을 적용하여 생각나는 대로 자유롭게 모두 적어 보자. 달의 직경은 약 3,476 km로서, 지구 직경의 약 1/4에 해당 된다.

4. 브레인라이팅 기법을 적용하여 달을 표현한 것들 중에서 달의 크기를 나타내기 가장 적당하다고 생각되는 한 가지를 골라 단어 위에 음영으로 표시하여 보자.

5. 농구공 유추법에서 태양계의 부스러기라 표현할 수 있는 소행성들은 주로 소행성대에 분포하는데, 소행성대에 분포하는 일반적인 크기를 가진 소행성과 76년의 주기로 지구에 나타나는 헬리 혜성 및 지구 대기권으로 떨어지는 유성은 어떤 크기로 나타낼 수 있는가? 유추법과 브레인라이팅 기법을 적용하여 생각나는 대로 자유롭게 Table 4에 모두 적어 보자.

6. Table 4에 나타난 것들 중에서 소행성과 헬리

혜성 및 유성의 상대적인 크기를 나타내기 가장 적당하다고 생각되는 한 가지를 골라 단어 위에 형광펜(음영)으로 표시하여 보자.

지도상의 유의점

1. 학생들에게 창의성의 유추법과 브레인라이팅 기법을 충분히 설명해 준다.
2. 태양계 행성들의 크기를 사물에 비유하여 유추법과 브레인라이팅 기법으로 표현할 때, 자유롭게 표현할 수 있도록 허용된 분위기를 마련한다.
3. 태양계 가족들의 모양과 크기에 오개념이 생기지 않도록 실제 사진과 비교하여 지도한다.
4. 사과씨나 포도알을 구하기 힘들 때는 학생들이 융통성을 발휘하여 적당한 크기의 사물을 활용하도록 지도한다.

창의성 요소 평가

태양을 농구공에 비유했을 때, 태양계 가족들의 상대적인 크기를 사물에 비유하여 바르게 나타내었는가?

Table 5는 태양계 가족들의 상대적인 크기에 대한 창의성 평가 요소에 따른 평가 기준을 나타낸 것이다.

Table 4. Comparison of the size of the Earth with asteroids, comets and meteors in the Solar System

	Earth	Asteroid	Halley's Comet	Meteor
Actual Diameter (km)	12,756	100	10	1
Equatorial radius (Earth=1)	1.00	0.01	0.001	0.0001
Comparison	apple seeds			
Comparison				
Comparison				

Table 5. Standards and components used by the program to evaluate creative thinking abilities

Components	Evaluation Standards
Fluency	The more expression concerning the Solar System Family the better.
Flexibility	The more varied the expression of the shapes of the members of the Solar System Family the better.
Elaboration	The more precise the comparison of the relative sizes and distances among the members of the Solar System Family the better.
Originality	The more original the clay model displaying the Solar System Family's features the better.

창의성 심화 질문-창의성의 요소 평가 후 과제해결 능력이 뛰어난 상위 학생들에게만 제시

태양을 우리 집 또는 아파트에 비유했을 때, 행성들을 무엇으로 표현할 수 있을까?

프로그램 2. 태양계의 거리 비교

탐구 목표: 태양으로부터 행성들의 거리를 농구공 척도로 나타냈을 때, 태양계 가족들의 축소된 거리를 정교하게 나타 낼 수 있다.

창의성 신장 요소: 정교성

준비물: 자, 연필

과제 제시

Fig. 4는 태양으로부터 행성들의 거리를 나타낸 것이다.

태양이 농구공 만들 때, 태양계 가족들이 태양으로부터 얼마나 떨어져 있는지 그 거리를 어떻게 나타

낼 수 있는가?

탐구 과정

1. 태양으로부터 행성들의 거리를 농구공 척도로 나타낸다면, 행성들이 농구공으로부터 얼마나 떨어져 있는지를 Table 6의 빈칸에 나타내어 보자.

2. 태양으로부터 행성들의 거리를 Fig. 5의 축소된 척도에 맞게 표시하여 보자. 이때, 태양에서 지구 사이의 거리를 0.25 cm로 나타내어 표시하여 보자. 1 AU는 1천문단위라고 하며, 태양과 지구 사이의 거리인 1.5×10^8 km에 해당된다.

3. 농구공 척도에 맞게 달의 위치를 표시하려면 지구로부터 몇 cm의 거리에 나타낼 수 있는가?(지구에서 달까지의 거리는 지구 직경의 약 30 배인 384,000 km이다).

4. 농구공 유추법에서 소행성대에 분포하고 있는 소행성, 헬리 혜성, 지구 대기권으로 떨어지는 유성

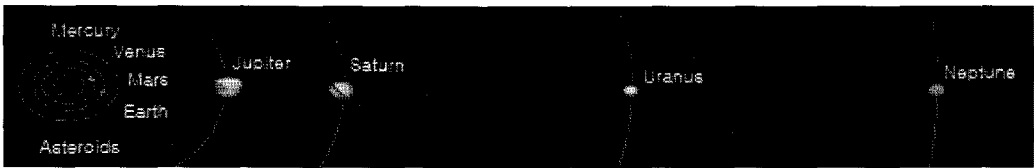


Fig. 4. Explanation of a scale model of the planetary distances within Solar System (Lee, et al., 2001).

Table 6. Comparison of the planetary distances within Solar System

Relative distance	Sun	Mercury	Venus	Earth	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
Actual Distances (10^6 km)	0	58	108	150	228	778	1,427	2,871	4,497
Distance (Earth = 1 AU)	0	0.4	0.7	1	1.5	5	10	19	30
Distance from basketball (m)	0	0.4	0.7	30	45	150	300	570	900

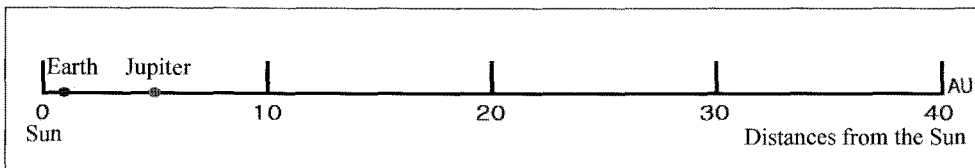


Fig. 5. Explanations of the planetary distances from the Sun.

Table 7. Comparison the distance of the Earth to asteroids, Halley's comet and meteors within Solar System

	Earth	Asteroids	Halley's Comet	Meteors
Distance (Earth = 1)	1	3	50,000	1
Distance from basketball (m)	30			

은 태양으로부터 몇 m의 거리로 나타낼 수 있는가? Table 7에 나타내고, Fig. 5에도 소행성과 유성의 위치를 표시해 보자.

창의성 요소 평가

태양을 농구공에 비유했을 때, 행성의 거리를 바르게 나타내었는가?

태양으로부터 행성들의 거리를 농구공 척도로 나타내었을 때, 태양계 가족들의 축소된 거리를 정확하게 계산하여 나타낼수록 정교성이 높다고 할 수 있다.

창의성 심화 질문-창의성의 요소 평가 후 과제해결 능력이 뛰어난 상위 학생들에게만 제시

태양을 농구공에 비유했을 때, 태양계가 속해있는 우리 은하의 크기는 어느 정도의 크기(거리)에 비유할 수 있을까?(태양계의 크기는 0.1광년이고, 우리 은하의 크기는 100,000광년이며, 태양은 우리 은하 중심으로부터 약 30,000광년의 거리에 위치한다).

프로그램 3. 태양계 축소모형 만들기

탐구 목표: 고무찰흙을 이용하여 태양계의 축소모형을 독창적으로 제작할 수 있다.

창의성 신장 요소: 융통성, 정교성, 독창성

준비물: 여러 가지 색깔의 고무찰흙, 자(30 cm)

과제 제시

태양이 농구공 만할 때, 태양계 가족의 축소 모형을 상대적인 크기에 맞게 고무찰흙을 이용하여 독창적으로 제작할 수 있는가?

1. 태양이 농구공만한 크기일 때, 태양계 가족들 중에서 태양을 제외한 8개의 행성들과 달, 소행성, 혜성, 유성을 Table 3과 Table 4에서 구한 크기대로 고무찰흙을 이용하여 독창적으로 만들어 보자.

2. 행성들의 색깔과 특성을 고려하여 색상이 다양한 고무찰흙을 이용하여 표현해 보자.

3. 태양계 가족들을 순서대로 배치하여 보자.

4. 농구공 유추법의 크기대로 만들어서 배열한 후 분단별로 전시를 하고, 태양계 가족들을 왜 그렇게 표현하였는지 그 이유를 설명해 보자.

창의성 요소 평가

태양계의 축소모형을 만들 때, 태양계 가족들을 바르게 제작 하였는가?

Table 8은 태양계 축소모형을 만들 때 평가 요소에 따른 평가 기준을 나타낸 것이다. 창의성의 융통성을 평가 할 때는 고무찰흙을 이용하여 태양계 가족들의 특징에 맞게 행성들의 색깔을 수성과 화성은 붉은색에 가깝게, 금성, 목성, 토성은 노란색, 천왕성과 해왕성은 푸른색으로 적절하게 표현할수록 융통성이 높다고 할 수 있으며, 행성들의 모양을 둥근 구의 모양으로 나타내고 토성의 고리를 적절하게 표현할수록 융통성이 높다고 할 수 있다. 정교성은 태양계 가족들의 모양, 크기, 태양으로부터의 거리가 정확할수록 높다고 할 수 있다. 독창성은 태양계 가족들의 특징을 고무찰흙의 성질과 색깔을 적절하게 잘 사용하여, 화성의 극관을 흰색으로 표현하거나, 목성의 대적점을 붉은색으로 나타내거나, 목성의 빠른 대기의 운동 상태를 두 가지 이상의 색깔로 독특하게 표현하거나, 토성의 고리를 얇게 펼쳐서 고리의 회전 운동이 나타나도록 표현하거나, 천왕성과 해왕성을 구분하여 해왕성의 새털구름을 독특하게 표현할수록 독창성이 높다고 할 수 있다.

창의성 심화 질문-창의성의 요소 평가 후 과제해결 능력이 뛰어난 상위 학생들에게만 제시

태양을 농구공에 비유하여, 고무찰흙을 농구공 위

Table 8. Standards and components used in the program to evaluate creative thinking abilities

Components	Evaluation Standards
Flexibility	The more accurate the expression of form and color for each member of the Solar System Family the better.
Elaboration	The more precise the comparison of the relative sizes and distances among the members of the Solar System Family the better.
Originality	The more original the clay model displaying the Solar System Family's features the better.

에 얹게 덮어 태양 모형을 만들어 보자. 태양의 특징이 잘 나타나도록 표현해 보자.

프로그램 4. 목성 안에 나머지 행성들을 담을 수 있을까?

탐구 목표

- 큰 행성에 작은 행성들을 담아 보면서 상대적인 크기를 이해한다.
- 목성 안에 나머지 행성들을 담을 수 있는 방법을 개방적으로 모색해 본다.

창의성 신장 요소: 개방성, 독창성

과제 제시

목성 안에 자신을 제외한 나머지 행성들을 모두 담을 수 있을까?

탐구 과정

목성 안에 자신을 제외한 나머지 행성들을 모두 담을 수 있을까? 담을 수 있다고 생각한다면 그 방법에 대해 창의적이고 독창적인 아이디어를 제시하여 보자. 만약, 담을 수 없다고 생각한다면, 그 이유를 구체적으로 적어 보자(단, 행성의 모양과 크기는 조금 변화시켜도 되며, 행성의 부피는 $\frac{4}{3} \pi R^3$ 임에 유의하여야).

지도상의 유의점

목성 안에 나머지 행성들을 담아 볼 때, 행성의 모양이나 크기를 고정시키지 않고 물리적인 변화를 주어 행성의 모양이나 크기를 조금 변화시켜도 된다는 개방된 사고를 할 수 있도록 지도한다(예를 들면, 토성의 고리를 분리해서 담거나 목성을 가열하여 조금 팽창시켜도 된다).

창의성 요소 평가

목성 안에 자신을 제외한 나머지 행성들을 모두 담을 수 있을까?

Table 9는 목성 안에 나머지 행성들을 모두 담을

수 있을까?에 대한 평가 요소에 따른 평가 기준을 나타낸 것이다. 위와 같이 목성 안에 나머지 행성들을 담아 볼 때, 개방성은 행성의 모양이나 크기를 고정시키지 않고 물리적인 변화를 주어 토성의 고리를 분리해서 담거나, 목성을 가열하여 조금 팽창시킨 후 행성의 크기를 변화시켜 ‘담을 수 있다’라고 답하는 학생들이 ‘담을 수 없다’라고 답하는 경우보다 창의성의 개방성이 더 높다고 할 수 있다. 독창성은 목성 안에 나머지 행성들을 담는 방법이 독특하고 희귀할 수록 높다고 할 수 있다.

창의성 심화 질문-창의성의 요소 평가 후 과제해결 능력이 뛰어난 상위 학생들에게만 제시

목성은 ‘태양이 될 가능성이 가장 큰 행성으로, 태양계 행성들 중에서 크기가 가장 크고, 대기 성분이 태양처럼 수소와 메탄의 가스로 되어있기 때문에, 만약 목성의 크기가 지금보다 더 컸더라면 태양처럼 수소핵융합반응이 일어나서 스스로 빛을 내는 항성이 될 수도 있었을 텐데...’라는 설이 있다. 만약, 목성이 태양처럼 스스로 빛을 내는 항성이 되기 위해서는 목성의 크기(질량)가 지금보다 몇 배 정도 더 커야 할까요?

적용 후 학생 활동 결과물

이 연구는 발산적 사고에서 수렴적 사고로 이어지는 창의적 사고 과정을 훈련하기 위해 창의성의 발산적 사고 기법 중에서 유추법, 브레인라이팅 기법을 ‘태양계의 크기와 거리’라는 구체적 영역에 접합하여 일반계 고등학교 학생들에게 적합한 태양계 축소 수업 프로그램을 개발하였다. 최종적으로 4차례에 걸쳐 학교 수업에 적용 후, 다음과 같은 학생 활동 결과물을 산출하였다.

프로그램 1. 태양계의 크기 비교-학생 활동 결과물의 예

과제: 태양이 농구공 만할 때, 태양계 가족들의 크기를 무엇에 비유할 수 있는가?

Table 9. Standards and components used in the program to evaluate creative thinking abilities

Components	Evaluation Components
Openness	The greater the volume in which to place the planets into Jupiter the better.
Originality	The more original the method of placing other planets inside Jupiter the better.

Table 10. The results of students' activities comparing planetary sizes within the Solar System

	Sun	Mercury	Venus	Earth	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
Actual Diameters (km)	1,500,000	4,878	12,104	12,756	6,794	143,000	120,540	51,200	49,500
Equatorial radius (Earth=1)	117	0.38	0.95	1.00	0.53	11.2	9.41	4.01	3.88
Comparison	basketball*	strawberry seeds	melon seeds	apple seeds*	hulled millet*	grape*	a thumb nail	persimmon seed*	a school badge
Comparison	watermelon	an ant	a grain of rice*	grapes seeds	a grain of rice	ping-pong ball	coin*	a grain of corn	garden peas
Comparison	pumpkin	millet seeds*	watermelon seeds	pear seeds	a drosophila	walnut	a cherry	a wild berry	a cherry*

※Shadow marking* indicates the most appropriate objects of comparison in each group that the convergence thinking derived the divergence thinking application through Brainwriting.

1. 태양계 행성들의 크기 비교

Table 10의 태양계 행성들의 크기 비교를 나타낸 학생 활동 결과물에서 태양이 농구공 만할 때, 수성의 크기를 딸기씨, 일개미, 좁쌀과 같은 다양한 발산적 아이디어들로 표현하였는데, 학생들은 주어진 공간에서 눈에 우선적으로 들어오는 사물들을 먼저 찾아서 표현하고, 그 다음 상상하여 둥근 모양의 사물들로 표현하였다. 토성을 실험대 위에 놓여있는 자신의 엄지손톱으로 표현하거나, 해왕성은 과학실 실험대에서 마주 보고 있는 상대편 학생의 교복 상의에 있는 학교뺨지(지름 1cm 정도의 둥근 모양)로 표현한 후, 적당한 크기의 사물이 눈에 보이지 않을 때는, 기억 속에 저장된 지식을 이용하여 적당한 크기의 사물을 떠올려 표현하였다. 수성을 표현한 것들 중에서 최종적으로 가장 적합한 한 가지를 모둠 내에서 수렴하여 선택하도록 하였더니, 학생들은 일상생활에서 대부분의 학생들이 가장 흔하게 접할 수 있는 사물인 좁쌀을 가장 적당한 크기로 최종적으로 선택하여 형광펜으로 표시하였다. 이러한 활동을 통해 학생들은 자연스럽게 발산적 사고에 의해 수성을 딸기씨, 일개미, 좁쌀 등의 다양한 아이디어로 생산하게 되고, 최종적으로 수성의 크기에 가장 적합한 한 가지로 좁쌀을 선택하여 수렴적 사고로 이어지는 창의적 사고과정을 훈련하였다. 금성, 지구, 화성, 목성, 토성, 천왕성, 해왕성도 위와 같은 발산적 사고와 수렴적 사고에 의해 Table 10과 같이 다양하게 비유하여 나타내었다.

2. 달의 상대적인 크기 비교

태양이 농구공 만 할 때, 다양한 발산적 아이디어

들로 표현할 때 달을 좁쌀, 깨, 눈곱, 쌀눈 등으로 나타냈는데, 학생들은 현재 보이는 사물들을 두리번거리면서 먼저 찾아서 표현하고, 그 다음 상상하여 표현하였다. 과학실 실험대에서 마주 보고 있는 학생의 얼굴을 쳐다보면서 눈곱으로 표현한 후, 적당한 크기의 사물이 눈에 보이지 않으면, 기억 속에 저장된 지식을 이용하여 일상에서 흔히 접할 수 있는 사물들로 표현하였다. 이 중에서 최종적으로 가장 적합한 한 가지를 모둠 내에서 수렴하여 선택하도록 하였더니, 학생들은 크기가 고르게 일정한 좁쌀을 가장 적당한 크기로 최종적으로 선택하여 형광펜으로 표시하였다.

3. 소행성과 혜성 및 유성의 상대적인 크기 비교

태양이 농구공 만 하고, 지구가 사과씨 만 할 때, Table 11은 소행성대에 분포하는 일반적인 크기의 소행성과 헬리 혜성 및 유성의 상대적인 크기 비교를 나타낸 학생활동 결과물이다. 소행성은 발산적 아이디어에 의해 마주 보고 있는 학생의 얼굴에서 쉽게 찾을 수 있는 주근깨와, 눈곱, 자신의 손에 쥐고 있는 연필심으로 표현했으며, 이 중에서 최종적으로 가장 적합한 한 가지를 모둠 내에서 수렴하여 선택하도록 하였더니, 학생들은 둥근 모양을 하고 있는 주근깨를 최종적으로 선택하여 형광펜으로 표시하였다. 헬리 혜성은 학교 운동장에서 쉽게 찾을 수 있는 모래와 손에 쥐고 있는 샤프심, 과학실 바닥에서 쉽게 볼 수 있는 먼지로 표현하였으며, 유성도 위와 같은 방법에 의해 비유하여 나타낸 것이다.

4. 창의성 심화 질문

태양을 우리 집 또는 아파트에 비유했을 때, 행성

Table 11. The results of students' activities comparing the size of the Earth with asteroids, Halley's comet and meteors within the Solar System

	Earth	Asteroids	Halley's Comet	Meteors
Actual Diameters (km)	12,756	100	10	1
Diameter (Earth=1)	1.00	0.01	0.001	0.0001
Comparison	apple seeds*	freckle*	sand	a grain of wheat flour
Comparison	seeds of pine nuts	lead(pencil)	lead (sharp)	a cloud particle*
Comparison	white eyeball of pollack	eye mucus	dust*	mud

Shadow marking indicates the most appropriate objects of comparison in each group that the convergence thinking derived the divergence thinking application through Brainwriting.

들을 무엇으로 표현할 수 있을까? 라는 질문에 대해 학생들은 목성은 침대, 천왕성은 냉장고, 지구는 밥술, 화성은 커피포트 등으로 집 또는 아파트에서 쉽게 찾아 볼 수 있는 사물들로 표현하였다.

프로그램 2. 태양계의 거리 비교-학생 활동 결과물의 예

과제: 태양이 농구공 만들 때, 태양계 가족들은 태양으로부터 얼마나 떨어져 있는가?

1. 태양계 행성들의 거리 비교

태양에서 지구까지의 거리를 1AU-한 구획-떨어져 있다면, 수성은 0.4구획, 금성은 0.7구획, 화성은 1.5구획, 목성은 5구획, 토성은 10구획, 천왕성은 19구획, 해왕성은 30구획 정도 떨어져 있다. 이 때 농구공으로부터의 거리(m)는 Table 12와 같이 나타내었다.

2. 태양으로부터 행성의 거리 표시

농구공으로부터 8개 행성들의 거리를 (m)로 나타내기에는 눈금의 범위가 너무 광범위하고 복잡하므로 학생들의 상대적인 거리를 이해하는데 오히려 어려움이 있었다. 그래서 태양에서 지구까지의 거리(1AU)-한 구획-으로 나타내도록 하였더니 거의 대부분의 학생들이 Fig. 6과 같이 태양으로부터 행성들의 상대적인 거리를 쉽게 표시하였다.

3. 농구공 척도에서 지구에서 달의 거리 표시

Table 6에서 태양에서 지구까지의 실제 거리는 150×10^9 m이고, 지구에서 달까지의 실제 거리는 3.84×10^8 m(약 4×10^8 m)이며, 지구를 농구공 척도로 나타냈을 때 지구는 농구공으로부터 30m에 해당되므로 지구에서 달의 거리는 농구공 척도로 나타낼 때 다음과 같은 비례식으로 구하였다.

Table 12. The results of students' activities comparing planetary distances within the Solar System

Relative distance	Sun	Mercury	Venus	Earth	Mars	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptune
Actual Distances (10^6 km)	0	58	108	150	228	778	1,427	2,871	4,497
Distance (Earth=1AU)	0	0.4	0.7	1	1.5	5	10	19	30
Distance from basketball (m)	0	0.4	0.7	30	45	150	300	570	900

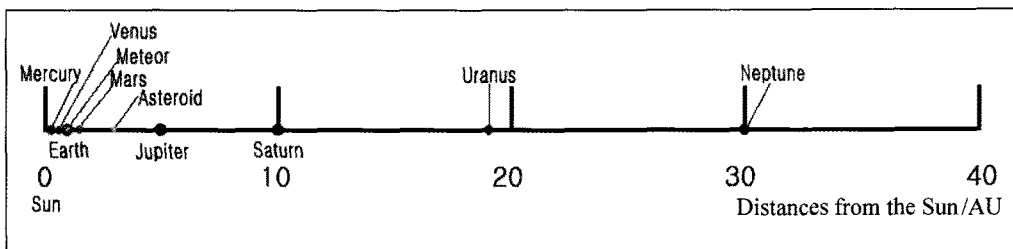


Fig. 6. Student' drawing about the planetary distances from the Sun.

Table 13. The comparison the distance of the Earth with its asteroids, Halley's comet and meteors in the Solar System

	Earth	Asteroids	Halley's Comet	Meteors
Distance (Earth=1)	1	3	50,000	1
Distance from basketball (m)	30	90	1,500,000	30

$150 \times 10^9 \text{ m} : 4 \times 10^8 \text{ m} = 30 \text{ m}$: 지구에서 달의 거리 m, 즉 지구에서 달의 거리는 $0.08 \text{ m} = 8 \text{ cm}$ 로 나타내었다.

4. 소행성대에 일반적으로 분포하는 소행성, 헬리 혜성, 유성의 거리(Table 13).

5. 창의성 심화 질문

태양을 농구공에 비유했을 때, 태양계가 속해있는 우리 은하의 크기는 어느 정도의 거리에 비유했을 수 있을까?(태양계의 크기는 0.1광년이고, 우리 은하의 크기는 100,000광년이며, 태양은 우리 은하 중심으로 부터 약 30,000광년의 거리에 위치한다)-라는 질문에 대해 학생 활동 결과물의 예는 다음과 같다.

-우리 은하의 크기는 태양계 크기의 1,000,000배 이므로, 우리 은하의 크기는 30 cm(농구공의 크기) $\times 1,000,000\text{배} = 300 \text{ km}$ 이다. 서울에서 대구까지의 거리가 293 km이므로, 태양이 농구공 만들 때 우리 은하의 크기는 약 서울에서 대구까지의 거리에 해당된다.

프로그램 3. 태양계 축소모형 만들기-학생 활동 결과물의 예

과제: 태양이 농구공 만들 때, 태양계 가족의 축소모형을 상대적인 크기에 맞게 고무찰흙을 이용하여 독창적으로 제작할 수 있는가?

태양계 축소 모형을 만들 때, 농구공 지름의 중심을 0 cm로 하고, 해왕성의 위치를 30 cm로 한 축소된 모형을 만들도록 하였다. 학생 활동 결과물은 아래 Fig. 7과 같다. 학생들은 태양계 가족들을 Table 10과 Table 11에서 수렴적 사고기법에 의해 최종적으로 선택한 사물로 나타내었는데, 수성-쭈쭈, 금성-쌀알, 지구-사과씨, 화성-조, 목성-포도알, 토성-50원 동전, 천왕성-감씨, 해왕성-앵두의 크기로 나타내었고, 고무찰흙의 여러 가지 색깔을 배합하여 행성들의 특징을 나타내었다. 크기별로 만든 축소모형들을 Table 12와 Table 13을 이용하여 농구공으로부터 수성-0.4 cm, 금성-0.7 cm, 지구-1 cm, 화성-1.5 cm, 목성-5 cm, 토성-10 cm, 천왕성-19 cm, 해왕성-30 cm의 지점에 순서대로 배열하여 나타내었다. 학생들은 태양계의 축소 모형을 분단별로 직접 제작해서 농구공과의 상대적인

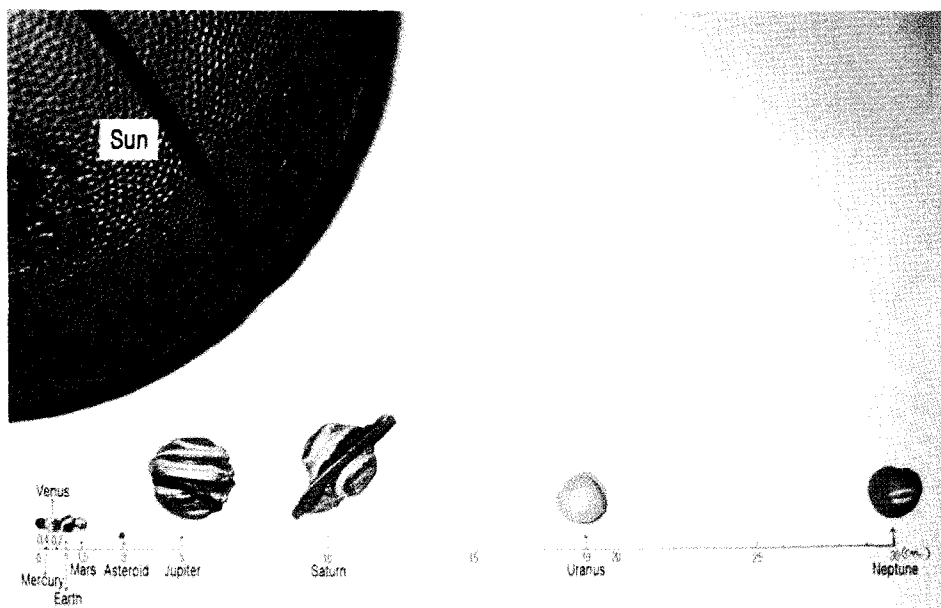


Fig. 7. Student's outcome: Building a scale model of the Solar System.

크기와 거리를 비교해 봄으로 인해 태양계 가족들의 상대적인 크기와 거리 개념을 쉽게 이해할 수 있었다.

프로그램 4. 목성 안에 나머지 행성들을 담을 수 있을까?-학생 활동 결과물의 예

과제: 목성 안에 자신을 제외한 나머지 행성들을 모두 담을 수 있을까?

1. 목성 안에 자신을 제외한 나머지 행성들을 모두 담을 수 있을까? 라는 질문에 대해 학생 활동 결과물의 예는 다음과 같다. '담을 수 없다'라고 답한 학생들은 정량적인 계산에 의존하여, 목성의 부피와 나머지 행성들의 부피의 합을 비교하여 목성의 부피가 더 크기 때문에 담을 수 있을 것 같지만, 토성의 고리가 목성보다 더 크기 때문에 담을 수 없다고 하였다. 반면, '담을 수 있다'라고 답한 학생들은 개방적인 사고로 가스로 되어있는 목성형 행성들을 가열하거나 냉각시켜 크기를 변형하거나, 큰 그릇에 작은 그릇을 포개듯이 포개어 담을 수 있다고 하였다. 이처럼, '담을 수 있다'라고 답하는 학생들이 '담을 수 없다'라고 답하는 경우보다 창의성의 개방성이 더 높다고 할 수 있으며, 답의 방법이 독특할수록 독창성이 높다고 할 수 있다.

-담을 수 없다: 목성의 부피는 $1,498,454 \text{ km}^3$ 이고, 나머지 행성들의 부피는 $1,045,281 \text{ km}^3$ 으로 목성의 부피가 더 크지만 토성의 고리가 목성보다 더 크기 때문에 담을 수 없다.

-담을 수 있다: 목성은 가스로 되어 있으므로 가열하여 팽창시키고 지구형 행성들을 제외한 나머지 행성들은 냉각시켜 부피를 줄여서 넣는다. 또는, 가스로 되어있는 목성형 행성들을 큰 그릇에 작은 그릇을 포개듯이 큰 행성 안에 작은 행성들을 담는다.

2. 창의성 심화 질문

목성이 태양처럼 스스로 빛을 내는 항성이 되기 위해서는 목성의 크기가 지금보다 몇 배 정도 더 커야 할까요? 에 대한 질문에 대해 과제해결능력이 뛰어난 학생들은 다음과 같이 답하였다.

-항성이 되기 위한 최소질량은 태양의 0.08배, 현재 목성은 태양질량의 1/1000배이므로 목성이 스스로 빛을 내는 항성이 되기 위해서는 현재 질량의 80배 이상이 되어야 한다.

결론 및 제언

이 연구는 창의적인 사고력의 함양을 위해 창의성의 발산적 사고 기법 중에서 유추법, 브레인라이팅 기법을 지구과학의 천문학영역에서 가장 기본적이면서 중요한 개념으로 다루어지고 있는 '태양계의 크기와 거리'라는 구체적 영역에 접합하여 일반계 고등학교 학생들에게 적합한 태양계 축소 수업프로그램을 개발하였다. 이 연구결과 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 태양을 농구공 크기로 축소했을 때, 학생들은 수성을 좁쌀, 금성을 쌀알, 지구를 사과씨, 화성을 조, 목성을 포도알, 토성을 50원 짜리 동전, 천왕성을 감씨, 해왕성을 앵두, 지구의 달을 좁쌀, 소행성대에 분포하는 소행성을 주근깨, 헬리 혜성을 먼지, 지구로 떨어지는 유성을 구름입자에 비유하여 나타내었다. 태양계의 크기는 학생들이 체감하기 어려운 천문학적 단위이므로 상대적인 거리나 크기를 비교하기 어렵다. 이러한 태양계의 크기와 행성들의 크기를 축소시켜 일상생활에서 체감할 수 있는 과학적 모델에 비유하여 쉽게 표현하는 것으로 보아 학생들은 태양계 행성들의 상대적인 크기를 쉽게 이해할 수 있었다.

둘째, 학생들의 수업결과물에서 태양이 농구공 만 할 때, 수성의 크기를 딸기씨, 일개미, 좁쌀 과 같은 다양한 발산적 아이디어들로 표현하게 되고, 이 중에서 최종적으로 가장 적합한 한 가지를 모둠 내에서 수렴하여 선택하도록 하였더니, 학생들은 좁쌀을 가장 적당한 크기로 최종적으로 선택하여 형광펜으로 표시하였다. 이러한 활동을 통해 학생들은 자연스럽게 발산적 사고에 의해 수성을 딸기씨, 일개미, 좁쌀 등의 다양한 아이디어로 생산하게 되고, 최종적으로 수성의 크기에 가장 적합한 한 가지로 좁쌀을 선택하여 수렴적 사고로 이어지는 창의적 사고과정을 훈련하였다.

셋째, 프로그램 1에서부터 프로그램 4까지는 서로 연관된 단계별 탐구 활동으로 구성되어 있고, 프로그램의 주제별 창의성 요소를 평가하여 교사가 학생의 창의성 정도를 상대적으로 진단할 수 있었다. 프로그램 1의 탐구활동 후 '창의성 요소 평가'를 실시하여 목표 수준에 도달하지 못한 하위 학생들을 교사가 개별적으로 지도한 후, 그 다음 프로그램 2단계로 차례차례 넘어가도록 하여 교사가 개별 학생에게

적절한 피드백을 제공해 줄 수 있었다. 또한, 창의성의 요소 평가 후 과제해결 능력이 뛰어난 상위 학생들에게만 '창의성 심화 질문'을 제시하여 학생들의 수준별 수업, 또는 한 교실 내에서 학생의 수준에 따른 차별화 수업이 가능하였다. 학생들은 이러한 프로그램의 단계별 탐구 활동을 통해 창의성이 향상될 것으로 기대된다.

넷째, 프로그램 적용 후 학생들과의 개방적인 구두 면담 및 간단한 탐구수업 일기를 통해 프로그램에 대한 평가를 받았다. 구두 면담은 수업을 담당한 교사가 창의성 요소 평가 후 상, 중, 하에 속하는 학생 각각 3명씩을 선발하여 수업 후에 실시하였다. 탐구 수업 일기는 솔직하고 부담 없이 작성하도록 하였으며, 학생이 작성한 탐구수업 일기의 예시는 부록 1에 있다. 구두 면담과 탐구수업 일기를 분석하여 그 결과를 종합해 보면, 학생들은 교과서 밖의 생소한 문제를 다루는 것이 아니라 교과서 내의 어려운 과학 개념을 쉽게 이해할 수 있었으므로, 학습활동을 통해 습득한 과학개념을 교과 수업에 적용할 수 있어서 교과 학습에 도움이 되어 좋았다고 하였다.

끝으로, 이 연구에서 개발된 프로그램을 학교 현장에 지속적으로 투입하여 학생들의 과학 개념 성취도와 창의성 신장에 효과적이지를 알아보는 양적인 연구가 필요하다.

감사의 글

이 연구는 2005년 경상북도교육청에서 주관한 중 고등학교 창의성 과학교육 지도자료 개발 사업과 경북대학교 과학교육연구소의 지원을 받아 수행된 연구입니다. 더불어 본 논문의 질적 향상에 도움을 주신 익명의 심사위원께 진심으로 감사드립니다.

참고문헌

- 김양희, 2003, 창의성 개발을 위한 영어 교수학습 방법. 경북대학교 석사학위논문, 92 p.
- 김영채, 2004, 창의적 문제해결: 창의력의 이론, 개발과 수업. 교육 과학사, 서울, 580 p.
- 박지원, 윤석호, 추봉조, 한만덕, 홍기현, 2003, 창조적 아이디어 발상 및 전개. 학문사, 서울, 306 p.
- 이문원, 전성용, 최병수, 권석민, 노태희, 허성일, 김출배, 강석진, 박희송, 김경호, 김규상, 채광표, 김진만, 정대영, 2001, 고등학교 과학교과서. 금성출판사, 서울, 416 p.
- 윤홍식, 민영기, 이시우, 홍승수, 강용희, 이형복, 김용하, 권석민, 김용기, 1998, 우주로의 여행 I. 청범출판사, 서울, 325 p.
- 유경노, 윤홍식, 현정준, 1988, 천문학 및 천체물리학 서론. 대한교과서, 서울, 515 p.
- 전경원, 2000, 동서양의 하모니를 위한 창의학. 학문사, 서울, 590 p.
- 정현철, 한기순, 김병노, 최승언, 2002, 과학 창의성 개발을 위한 프로그램 개발-이론과 실제-. 한국지구과학회지, 23, 334-348.
- Mayer, V.J., 남정희, 이효녕, 2007, 통합과학의 이해: 지구 시스템적 접근. 자유아카데미, 서울, 268 p.
- Guilford, J.P., 1967, Creativity: Yesterday, today, and tomorrow. Journal of Creative Behavior, 1, 3-14.

2008년 1월 18일 접수


2008년 3월 18일 수정원고 접수

2008년 4월 23일 채택

부록 1. 프로그램 적용 후 학생의 탐구수업 일기 예시

지구과학 탐구수업 일기

1학년 (6)반 (4월18일)주 이름(정지현)

* 오늘 며칠? 날씨는? 2008년 4월 18일 오후 날씨 

* 뭐 배웠나요? 태양계 행성들의 순서

* 수업 시간은 어땠나요? 태양계가 너무 커서 어느정도인지 이해가 잘되지 않고 크기를 짐작하기 어려웠는데 태양계를 작게 축소판의 직접 만들어보니 행성들의 크기가 쉽게 이해 되었음~ 태양에 비해 지구가 너무 작아움~

* 선생님께 더 보고 싶은 게? **서바이벌!**
 태양계 크기뿐만 아니라 지구과학에서 우리가 이해하기 어려운 내용들을 앞으로도 쉽고 재미있게 가르쳐주세요!
 재미있는 탐구업 더 많이 부탁드립니다~! ~